

SPUTTERING APPARATUS

Publication number: JP2003313662 (A)

Publication date: 2003-11-06

Inventor(s): YAMASHITA MUTSUO

Applicant(s): YAMASHITA MUTSUO

Classification:

- **international:** C23C14/44; C23C14/42; (IPC1-7): C23C14/44

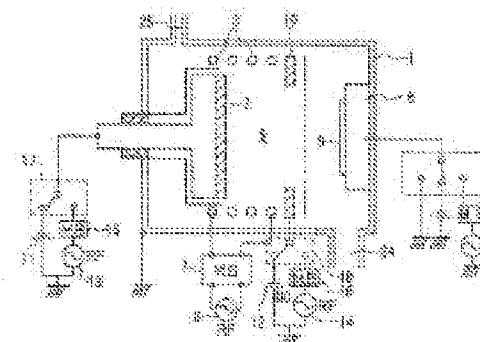
- **European:**

Application number: JP20020124228 20020425

Priority number(s): JP20020124228 20020425

Abstract of JP 2003313662 (A)

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve a productivity in an inductively coupled high-frequency plasma sputtering apparatus by increasing a film-forming rate. ; **SOLUTION:** The apparatus is equipped with a target 2 to which a direct current power or a high-frequency power is fed and a high-frequency coil 3 to which the high-frequency power is fed inside a vacuum chamber 1. The apparatus efficiently uses high-density plasma by placing a sputtering surface of the target 2 inside the high-frequency coil 3 having high plasma density. ; **COPYRIGHT:** (C)2004,JPO



Data supplied from the **esp@cenet** database — Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2003-313662
(P2003-313662A)

(43)公開日 平成15年11月6日(2003.11.6)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I
C 2 3 C 14/44

テーマコード(参考)
4K029

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 6 頁)

(21)出願番号 特願2002-124228(P2002-124228)

(71) 出願人 502150384

山下 陸雄

大阪府枚方市東香里三丁目12-8

(22)出願日 平成14年4月25日(2002.4.25)

(72) 発明者 山下 瞳雄

大阪府枚方市東香里三丁目12-8

(74) 代理人 100086737

弁理士 岡田 和秀

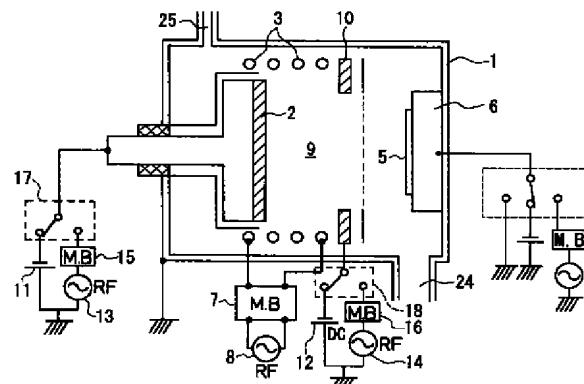
F ターム(参考) 4K029 CA05 DC00 DC13 DC16 DC29
DC34 DC35

(54) 【発明の名称】 スパッタリング装置

(57) 【要約】

【課題】 誘導結合型高周波プラズマパック装置において、成膜速度を高めて生産性を向上させる。

【解決手段】 真空室1内に、直流電力または高周波電力が供給されるターゲット2と、高周波電力が供給される高周波コイル3とを備え、前記ターゲット2のスパッタ面を、プラズマ密度の高い高周波コイル3の内側に配置して高密度のプラズマを効率よく利用している。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 真空室内に、直流電力が供給されるターゲットと、高周波電力が供給される高周波コイルとを備え、

前記ターゲットのスパッタ面を、前記高周波コイルの内側に配置したことを特徴とするスパッタリング装置。

【請求項2】 前記ターゲットには、前記直流電力に代えて、高周波電力を供給可能とした請求項1記載のスパッタリング装置。

【請求項3】 前記ターゲットを、長手方向に延びる棒状体とし、その長手方向の一端側を、前記高周波コイルの内側に挿入にして前記スパッタ面とするとともに、前記一端側のターゲット材料の消耗に応じて、該一端側のスパッタ面が、前記高周波コイルの内側に位置するように前記ターゲットを長手方向に移動させて補給する請求項1または2記載のスパッタリング装置。

【請求項4】 前記ターゲットを主ターゲットとし、該主ターゲットは、前記高周波コイルの一端寄りに配置され、

前記真空室内に、直流電力が供給される環状の補助ターゲットを、前記高周波コイルの他端側に配置した請求項1～3のいずれかに記載のスパッタリング装置。

【請求項5】 前記補助ターゲットには、前記直流電力に代えて、高周波電力を供給可能とした請求項4記載のスパッタリング装置。

【請求項6】 スパッタ空間に、前記高周波コイルの内側の中心軸に対して垂直方向の直流磁界を加える磁界印加手段を備える請求項1～5のいずれかに記載のスパッタリング装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、超微細加工技術や表面処理技術の分野で特に必要とされる各種の高品質、高機能薄膜を効率よく創成するのに好適なスパッタリング装置に関し、さらに詳しくは、誘導結合型高周波放電によって高密度プラズマを得るにしたスパッタリング装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 薄膜形成法の一つであるスパッタ法は、薄膜化材料の種類を広範囲に選ぶことができることや形成膜の基板への付着強度が高いことなど多くの特長を有している。また、スパッタ成膜速度についても、初期の直流平板二極スパッタ法や高周波二極スパッタ法では、成膜速度が遅く、生産装置への応用に限界があったが、マグネットロンスパッタ装置や対向ターゲット型スパッタ装置の開発によってこの問題は大いに改善されている。このため、現在では、これらのスパッタ法は、各種の薄膜形成法の中では、中心的な地位を占めている。

【0003】一方、これらのスパッタ法では、スパッタ粒子の殆どが電気的に中性状態にあり、またスパッタ粒

子が基板に向かって飛翔中にアルゴン等の放電サポートガス粒子との衝突によって散乱するため、基板表面に入射する堆積スパッタ粒子のエネルギーやその軌道を制御するのは、非常に困難である。従って、目覚しい発展を遂げている応用分野、例えば、高品質薄膜を必要とする超小型、超高密度電子回路の製作や新しい高機能素子の開発には対応が困難になってきている。

【0004】これらの問題を解決する手段の一つとして、近年、従来型のマグネットロンスパッタ装置のターゲットの前方にヘリカルアンテナコイルを設置し、これに高周波電力を供給するようにした高周波放電プラズマ支援型マグネットロンスパッタ装置が開発されている。この装置では、高速スパッタに必要な高密度度プラズマは、主としてターゲットに供給する直流電力または高周波電力によるマグネットロン放電によって発生しており、ヘリカルアンテナコイルは、専ら放電サポートガスやスパッタ粒子のイオン化の役目を担うようになっている。

【0005】この方法では、ターゲット材料の裏側に磁石を設置して、これの表面近傍にマグネットロン放電に必要な磁界を発生させる必要がある。このため、ターゲットを保持する陰極電極の構造が複雑になるだけでなく、ターゲットの厚みに制約がある。特に鉄のような強磁性体材料では、この厚みが数mm以下に制限される。また、スパッタ材料が、局部的に消耗して、材料の利用効率を非常に悪くしている。

【0006】この強磁性体材料の高速スパッタを可能にしたものとして、誘導結合型高周波プラズマスパッタ装置が当該特許出願人によって考案され、文献、例えば、M. Yamashita: J. Vac. Sci. Technol., A7, (1989)15 1. Mutsuo Yamashita: J. Vac. Sci. Jpn (真空), Vol.44, No5, (2001)32で、既に公開されている。

【0007】この誘導結合型高周波プラズマスパッタ装置は、図4に示すように、平板状のターゲット2と、基板5を保持する基板保持台6との間に、高周波アンテナコイル3を設置し、この高周波アンテナコイル3に対して、高周波電源装置8からインピーダンス整合回路(マッチングボックス)7を介して高周波電力を供給することによってスパッタ空間9に予め高密度のプラズマを発生させた後、ターゲット2に、直流電源11から直流電力を供給して高速スパッタを行なうようにしている。なお、4はプラズマ遮蔽格子、24は真空室1内を真空中に排気するための排気口、25はアルゴンガスなどのスパッタガスを導入するガス導入口である。

【0008】このスパッタ装置は、マグネットロン型スパッタ装置や高周波放電プラズマ支援型マグネットロンスパッタ装置に比べて次のような特長を持っている。

(1) 高速スパッタとスパッタ粒子のイオン化に必要なプラズマは、専ら高周波アンテナコイル3に供給する高周波電力によって発生し、発生したプラズマは、このコイル3の中に閉じ込められる。このためターゲット2周

辺に特別な磁気回路を構成しなくともスパッタ空間のプラズマ密度は、例えば、 $10^{12}/\text{cm}^2$ 以上の高密度になる。

(2) 上記(1)のことからターゲット2を保持する陰極電極の構造が簡単になり、10mm以上の厚みをもつ強磁性体材料に対しても非磁性体と同様に高速スパッタが可能になるので、ターゲット材料の種類や形状に対する制約が大幅に緩和される。

(3) ターゲット2の材料がスパッタ面全域でほぼ均一に消耗するので、材料の利用効率が非常によく、長時間運転した後でも放電特性やスパッタ特性(スパッタ速度、スパッタ粒子の方向性等)が殆ど変わらない。

(4) スパッタ速度は、ターゲット2の電圧と高周波電力の何れに対しても直線的に増加するので、スパッタ速度の制御性が非常によい。また放電ガス圧力、ターゲット電圧等の変動に対する安定性も非常に優れている。

(5) スパッタ粒子のイオン化率が、通常のスパッタ装置のそれに比べて格段に高く、且つイオンのエネルギーが揃っているので、電界や磁界によって形成膜質を大幅に制御することができる。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このような従来のスパッタ装置では、以下のような課題がある。

(1) スパッタ速度とスパッタ粒子のイオン化に直接関係するプラズマ密度は、高周波アンテナコイル3の中心部で高くなる。しかしながら、ターゲット2のスパッタ面が図4に示されるように、このプラズマ密度の高い領域から外れた高周波アンテナコイル3の外側にあるために、発生した高密度プラズマがスパッタのために効率よく利用されていない。

(2) スパッタ条件によっては、僅かではあるが高周波アンテナコイル材料の一部がスパッタし、特に、高周波アンテナコイル3のターゲット2に臨んでいない側の部分は、スパッタされたターゲット材料が付着しないために、高周波アンテナコイル材料がスパッタされ、これが形成膜中に混入して形成膜の純度を低下させることがある。

(3) ターゲット2に供給する電力が直流電力だけであるので、石英やアルミナといった誘電体材料をスパッタすることができない。

(4) スパッタ特性が放電ガス圧力の減少とともに悪化し、 10^{-1}Pa 以下の低ガス圧力領域では、放電が停止してスパッタ成膜ができなくなる。

(5) ターゲット2は、高速スパッタによって急速に浸食、消耗するので、長時間に亘って連続運転するときには、これの寿命が大いに問題となる。

【0010】本発明は、以上のような点に鑑みて為されたものであって、誘導結合型高周波プラズマスパッタ装置がもつ数多くの優れた特長を活かしながら、上記の諸

問題点を解決することによって本装置の飛躍的な性能の向上と応用範囲の拡大を図るものである。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明では、上述の目的を達成するために、次のように構成している。

【0012】すなわち、本発明のスパッタリング装置は、真空室内に、直流電力が供給されるターゲットと、高周波電力が供給される高周波コイルとを備え、前記ターゲットのスパッタ面を、前記高周波コイルの内側に配置している。

【0013】本発明によると、ターゲットのスパッタ面を、プラズマ密度の高い高周波コイルの内側に配置したので、発生した高密度のプラズマがスパッタのために効率よく利用されることになり、成膜速度が高まり、生産性が向上する。

【0014】本発明の一つの実施態様においては、前記ターゲットには、前記直流電力に代えて、高周波電力を供給可能としている。

【0015】本発明によると、ターゲットには、直流電力に代えて、高周波電力を供給することもできるので、石英やアルミナといった誘電体材料をスパッタすることも可能となる。

【0016】本発明の他の実施態様においては、前記ターゲットを、長手方向に延びる棒状体とし、その長手方向の一端側を、前記高周波コイルの内側に挿入して前記スパッタ面とするとともに、前記一端側のターゲット材料の消耗に応じて、該一端側のスパッタ面が、前記高周波コイルの内側に位置するように前記ターゲットを長手方向に移動させて補給するものである。

【0017】ここで、棒状体は、長手方向に棒状に延びるものであれば、必ずしも直線状に限らず、また、その太さは限定されず、細い線状体や柱状体などを含むものである。

【0018】本発明によると、ターゲットが高速スパッタによって急速に浸食、消耗しても長手方向に延びる棒状体のターゲットを移動させることによって、ターゲット材料を補給できることになり、これによって、長時間に亘る連続運転が可能となる。

【0019】本発明の好ましい実施態様においては、前記ターゲットを主ターゲットとし、該主ターゲットは、前記高周波コイルの一端寄りに配置され、前記真空室内に、直流電力が供給される環状の補助ターゲットを、前記高周波コイルの他端側に配置している。

【0020】ここで、主ターゲットと補助ターゲットの材料は、同一であってもよいし、異なるものであってよく、異なる材料としたときには、異なる材料が混合した成膜を行なうことができる。

【0021】本発明によると、高周波コイルの一端寄りに主ターゲットを、他端側の補助ターゲットを配置したので、高周波コイルには、ターゲット材料が、両ターゲ

ットから付着し、これによって、高周波コイル材料のスパッタを防止して形成膜の純度低下を防止することができるとともに、二つのターゲットを同時にスパッタするので成膜速度を高めることができる。

【0022】本発明の他の実施態様においては、前記補助ターゲットには、前記直流電力に代えて、高周波電力を供給可能としている。

【0023】本発明によると、直流電力に代えて、高周波電力を供給することもできるので、石英やアルミナといった誘電体材料をスパッタすることも可能となる。

【0024】本発明の更に他の実施態様においては、スパッタ空間に、前記高周波コイルの内側の中心軸に対して垂直方向の直流磁界を加える磁界印加手段を備えている。

【0025】本発明によると、例えば、 10^{-2} Pa台の低ガス圧力領域でも安定した高速スパッタが可能となり、スパッタ粒子の直進性を大幅に高めることができる。

【0026】

【発明の実施の形態】(実施の形態1) 図1は、本発明の一つの実施の形態に係るスパッタリング装置の概略構成図である。

【0027】真空室1は、例えば、直径160mm、高さ100mmの円筒状をしており、金属、例えば、ステンレス鋼からなり、接地されている。この真空室1の内部には、平板状の主ターゲット2、螺旋状の高周波アンテナコイル3、プラズマ遮蔽格子4が設置されるとともに、主ターゲット2に対向して、基板5が、基板保持台6に保持されている。なお、24は真空室1内を真空に排気するための排気口、25はアルゴンガスなどのスパッタガスを導入するガス導入口である。

【0028】主ターゲット2は、例えば、直径40mmから100mm、厚さ5mmの円盤状をしており、背面から水冷が施されている。

【0029】プラズマ励起用の高周波アンテナコイル3は、例えば、直径6mmの銅パイプを用いて、直径6.0mm～12.0mm、巻き数4～6回になるように螺旋状に曲げ加工し、この銅パイプの中に冷却水を通すようにしている。この高周波アンテナコイル3は、インピーダンス整合回路7を介して、周波数13.56MHzの高周波電源装置8に接続されている。

【0030】ステンレス鋼などからなる24メッシュ程度のプラズマ遮蔽格子(メッシュグリッド電極)4は、高周波エネルギーによって発生するプラズマを高周波アンテナコイル3の中に閉じ込めてスパッタ空間9のプラズマ密度を高めると同時に、成膜時にプラズマが基板5に接触するのを防ぎ、さらに、図示しない整合回路に接続された自己バイアス抵抗によって制御できるプラズマ電位を利用して基板5に入射するイオン化スパッタ粒子のエネルギーを制御するときに重要な働きをする。

【0031】この実施の形態では、主ターゲット2は、スパッタ面が、高周波アンテナコイル3の一端から、例えば、10mm程度中くるように、すなわち、螺旋の内側に位置するように設置される。

【0032】さらに、高周波アンテナコイル3の他端側には、例えば、外径100mm、内径60mmの円環状の補助ターゲット10が、配置されており、この補助ターゲット10は、水冷されている。

【0033】これら二つのターゲット2、10には、直流電源11、12からの直流電力または高周波電源装置13、14からインピーダンス整合回路15、16を介して13.56MHzの高周波電力を、切換えて供給できるように切換回路17、18が設けられている。

【0034】基板保持台6は、図に示されるように、必要に応じて基板バイアス用の直流電圧、例えば、0～-300Vまたは周波数13.56MHzの高周波電圧を印加できるようになっている。

【0035】次に、この実施の形態の装置の作動について説明する。

【0036】先ず、真空室1内を排気した後、真空室1内に高純度のアルゴンガスを導入してそのガス圧力を所定の圧力、例えば、5Paにし、周波数13.56MHzの所定の高周波電力、例えば、300Wを高周波アンテナコイル3に加える。このときアルゴンガスの放電が始まり、発生したプラズマは、高周波アンテナコイル3の中にはほぼ完全に閉じ込められて、例えば、 $10^{12}/cm^3$ 台の高密度となり、アルゴンガス特有の赤紫色で強烈に発光する。

【0037】次に、主ターゲット2と補助ターゲット10とにそれぞれ-200V～-1000Vのスパッタ用直流電圧を加えると、800mA以上の多量の衝撃イオン電流が流れて高速スパッタが始まる。このようにして発生した高密度のスパッタ粒子は、基板5に向かって飛翔中にさらにイオン化に必要なエネルギーを高周波電磁界やアルゴンイオンあるいは準安定準位に励起したアルゴン原子から受け取って非常に高い割合でイオン化する。このときのスパッタ空間の色は、ターゲット材料特有のものに変わる。例えば、鉄の場合には青色に、銅の場合には緑色になる。

【0038】この実施の形態では、高密度プラズマの発生は専ら高周波アンテナコイル3に加えられる高周波エネルギーによって行なわれており、両ターゲット2、10に加える直流または高周波エネルギーは、プラズマ中の正イオンをこの表面に衝突させてスパッタさせることに使われ、プラズマの発生には殆ど寄与していない。したがって、種々の形状、例えば、棒状や細線状などの薄膜化材料をターゲットとして使用できる。

【0039】(実施の形態2) 図2は、本発明の他の実施の形態に係るスパッタリング装置の概略構成図であり、上述の実施の形態に対応する部分には、同一の参照

符号を付す。

【0040】この実施の形態では、平板状の主ターゲット2に代えて、例えば、直径15mmの棒状の主ターゲット2-1を使用しており、この主ターゲット2-1の一端側である先端部2-1aが、高周波アンテナコイル3の中心部にくるように設置するとともに、これの先端部、例えば、10mm～15mmを残して他の部分を接地電位に保った、例えば、直径20mmの銅パイプ19で覆っている。これによって、イオンが主ターゲット2-1の先端部2-1aのみを衝撃するようになる。したがって、この先端部2-1aは、高速でスパッタされると同時に局部的に温度が上昇する。この温度上昇によってスパッタ量が増すだけではなく、材料によっては昇華あるいは蒸発を伴うようになり、成膜速度が急速に増すことになる。

【0041】この実施の形態では、銅パイプ19の基部の外側には、環状の磁石20を配置するとともに、銅パイプ19内の主ターゲット2-1の他端2-1bには、ニッケル等の強磁性体21が装着されるとともに、支持部材22によって主ターゲット2-1が長手方向（軸方法）に摺動可能に支持されている。

【0042】これによって、多量のスパッタ材料を蓄えておき、運転中に消耗する分量を、磁石20を移動させて主ターゲット2-1を移動させることによって、ターゲット材料を、連続的に補給することができる。

【0043】なお、長尺のペローズなどを用いたトランスファーロッド等によって主ターゲット2-1の移動機構を構成してもよい。また、ウィルソンシールなどによって、ターゲット材料を、真空室外から補給できるようにもよい。

【0044】この実施の形態のスパッタリング装置は、このように長時間に亘る連続した高速スパッタ成膜に適するだけでなく、細線状の希少材料に対しても適用することができる。

【0045】その他の構成は、上述の実施の形態1と同様である。

【0046】（実施の形態3）図3は、本発明の更に他の実施の形態に係るスパッタリング装置の概略構成図であり、上述の実施の形態1に対応する部分には、同一の参照符号を付す。

【0047】この実施の形態では、真空室1の外側には、スパッタ空間9に対して、高周波アンテナコイル3の内側の仮想線で示される螺旋の中心軸26に対して垂直方向の直流磁界を加える磁界印加手段としての一対の磁石23を、真空室1を挟んで対向配置している。

【0048】この実施の形態では、これら磁石23によ

って、例えば、数十ガウス、好ましくは、10～30ガウスの直流磁界を加えることによって、一種のECR放電の状態となり、例えば、10⁻¹Pa～10⁻²Pa台の低ガス圧力領域でも安定した高速スパッタができるようになった。

【0049】なお、磁石23は、一対に限らず、1個あるいは3個以上であってもよい。

【0050】その他の構成は、上述の実施の形態1と同様である。

【0051】（その他の実施の形態）上述の実施の形態2において、実施の形態3の磁石23を設けて直流磁界を印加するように構成してもよい。

【0052】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、ターゲットのスパッタ面を、プラズマ密度の高い高周波コイルの内側に配置したので、発生した高密度のプラズマがスパッタのために効率よく利用されることになり、成膜速度が向上して生産性が向上する。

【0053】また、高周波コイルの一端寄りに主ターゲットを、他端側に補助ターゲットを配置したので、高周波コイル材料のスパッタを防止して形成膜の純度低下を防止することができるとともに、二つのターゲットを同時にスパッタするので成膜速度を一層高めることができる。

【0054】さらに、ターゲットが高速スパッタによって急速に浸食、消耗しても長手方向に延びる棒状体のターゲットを移動させることによって、ターゲット材料を補給することができ、これによって、長時間に亘る連続運転が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一つの実施の形態の概略構成図である。

【図2】本発明の他の実施の形態の概略構成図である。

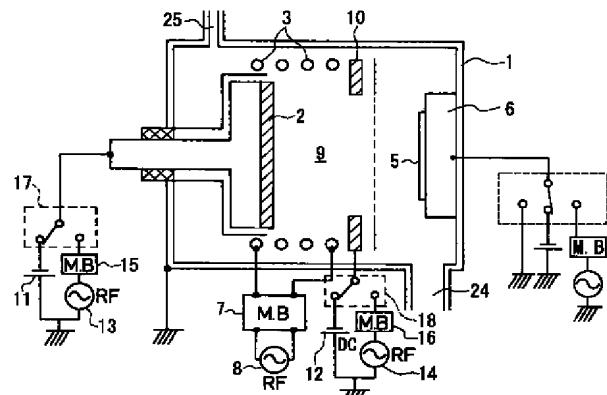
【図3】本発明の更に他の実施の形態の概略構成図である。

【図4】従来例の概略構成図である。

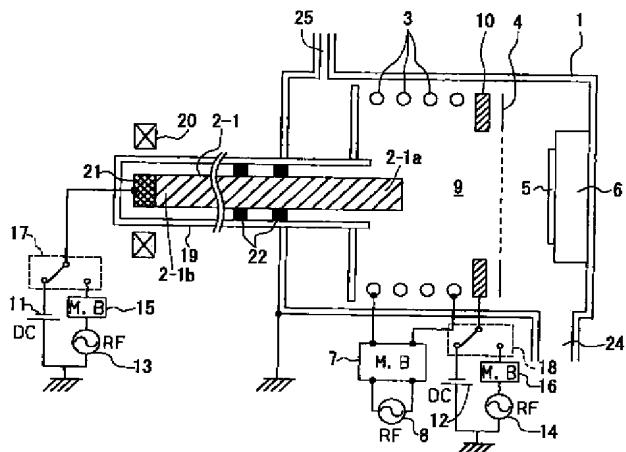
【符号の説明】

1	真空室
2, 2-1	主ターゲット
3	高周波アンテナコイル
4	プラズマ遮蔽格子
5	基板
9	スパッタ空間
10	補助ターゲット
23	磁石

【図1】



【図2】



【図3】

【図4】

